

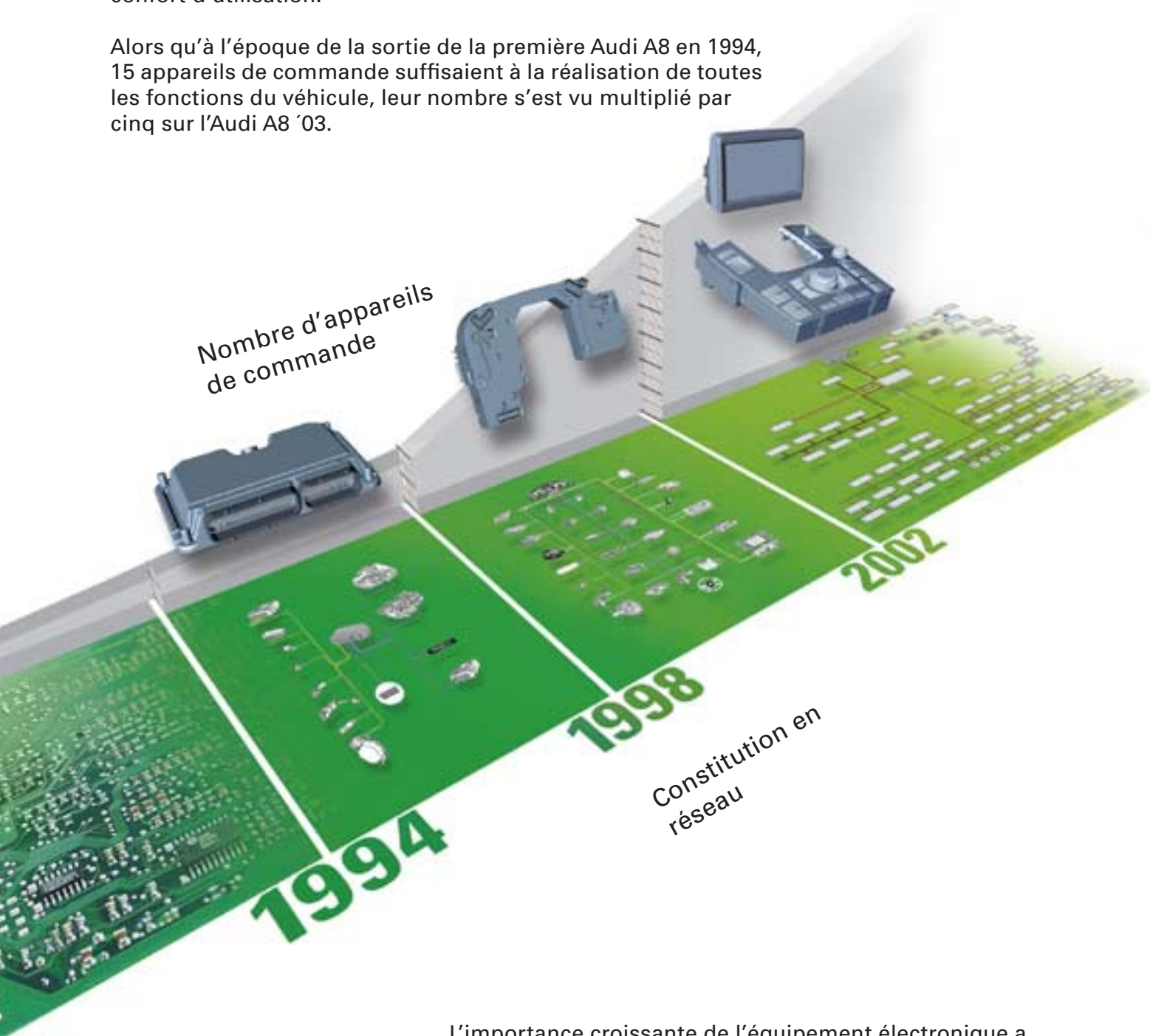


Nouveaux systèmes de bus de données – LIN, MOST, Bluetooth™

Programme autodidactique 286

En automobile, l'électronique embarquée prend des proportions croissantes, en vue de pouvoir répondre à l'augmentation des besoins fonctionnels et des exigences de confort d'utilisation.

Alors qu'à l'époque de la sortie de la première Audi A8 en 1994, 15 appareils de commande suffisaient à la réalisation de toutes les fonctions du véhicule, leur nombre s'est vu multiplié par cinq sur l'Audi A8 '03.



L'importance croissante de l'équipement électronique a également réclamé de nouvelles solutions pour la transmission des données entre les différents appareils de commande.

Dans ce contexte, l'introduction du bus de données CAN chez Audi dans le milieu des années 90 a constitué une première étape décisive.

Ce système se voit cependant, dans le secteur de l'infodivertissement notamment, confronté à ses limites en raison des vitesses de transmission. Pour y remédier, il a fallu développer des systèmes de transmission adaptés aux exigences considérées.

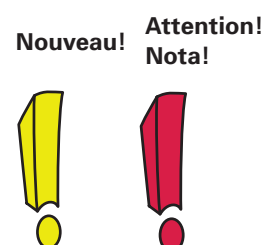
Service et diagnostic vont eux aussi profiter de cette évolution.

	Page
Introduction	4
 Bus LIN - Le bus de données monofilaire	
Introduction	6
Transmission des données	9
Messages.	11
Diagnostic	16
 Bus MOST - Le bus de données optique	
Introduction	17
Architecture des appareils de commande.	20
Câble à fibres optiques	23
Affaiblissement dans le bus optique	27
Structure en anneau du bus MOST	30
Bus MOST - états du système	31
Trames de message	33
Déroulement des fonctions sur le bus MOST	36
Diagnostic	41
 Bluetooth™ - Le bus de données sans fil	
Introduction	44
Fonctionnement	46
Diagnostic	49
 Bus de diagnostic	 50

Le Programme autodidactique vous informe sur la conception et le fonctionnement.

Le Programme autodidactique n'est pas un Manuel de réparation!
Les valeurs indiquées servent uniquement à faciliter la compréhension et se réfèrent à la version du logiciel valable au moment de la publication.

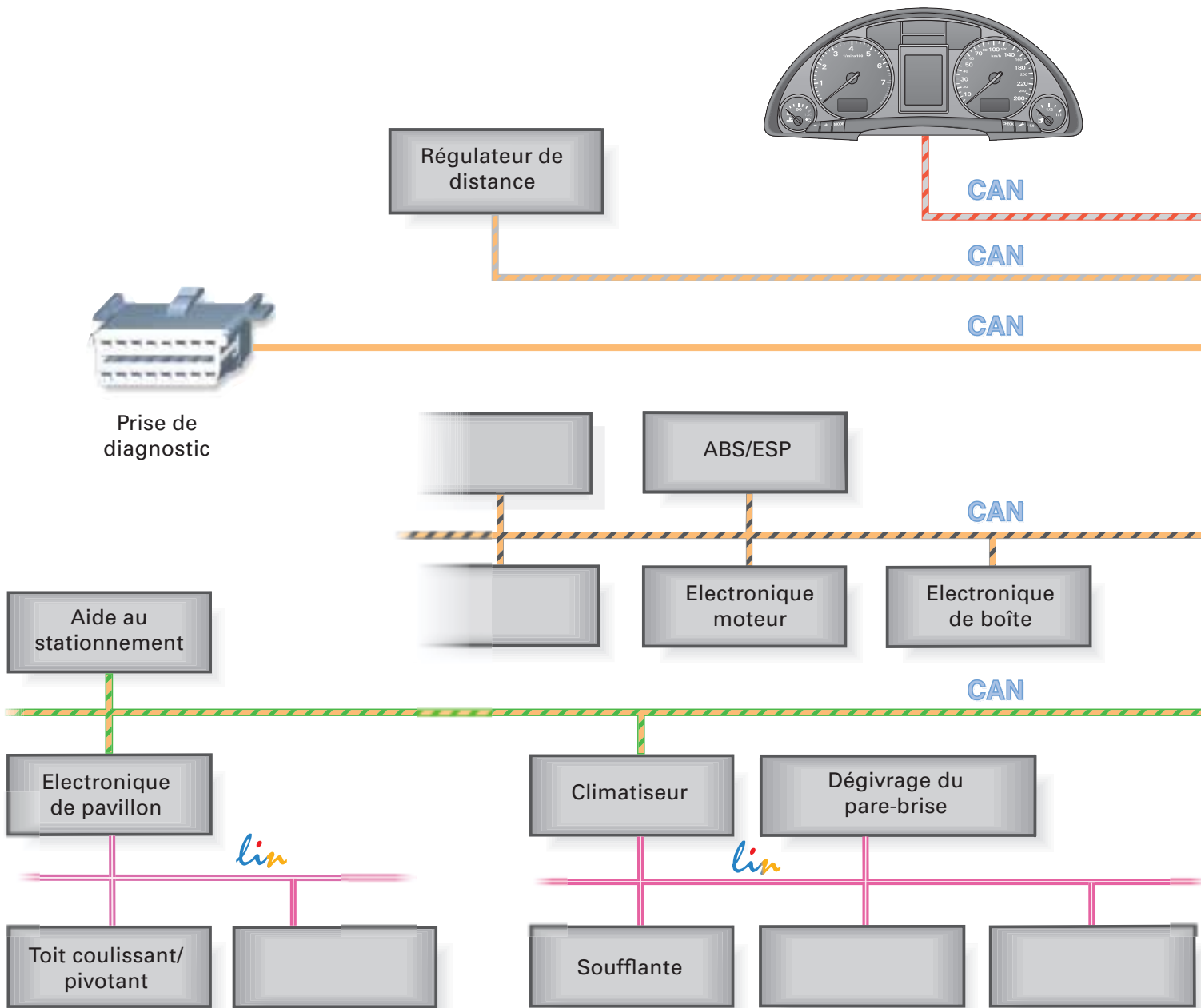
Pour les travaux de maintenance et de réparation, veuillez vous reporter à la documentation technique la plus récente.



Introduction



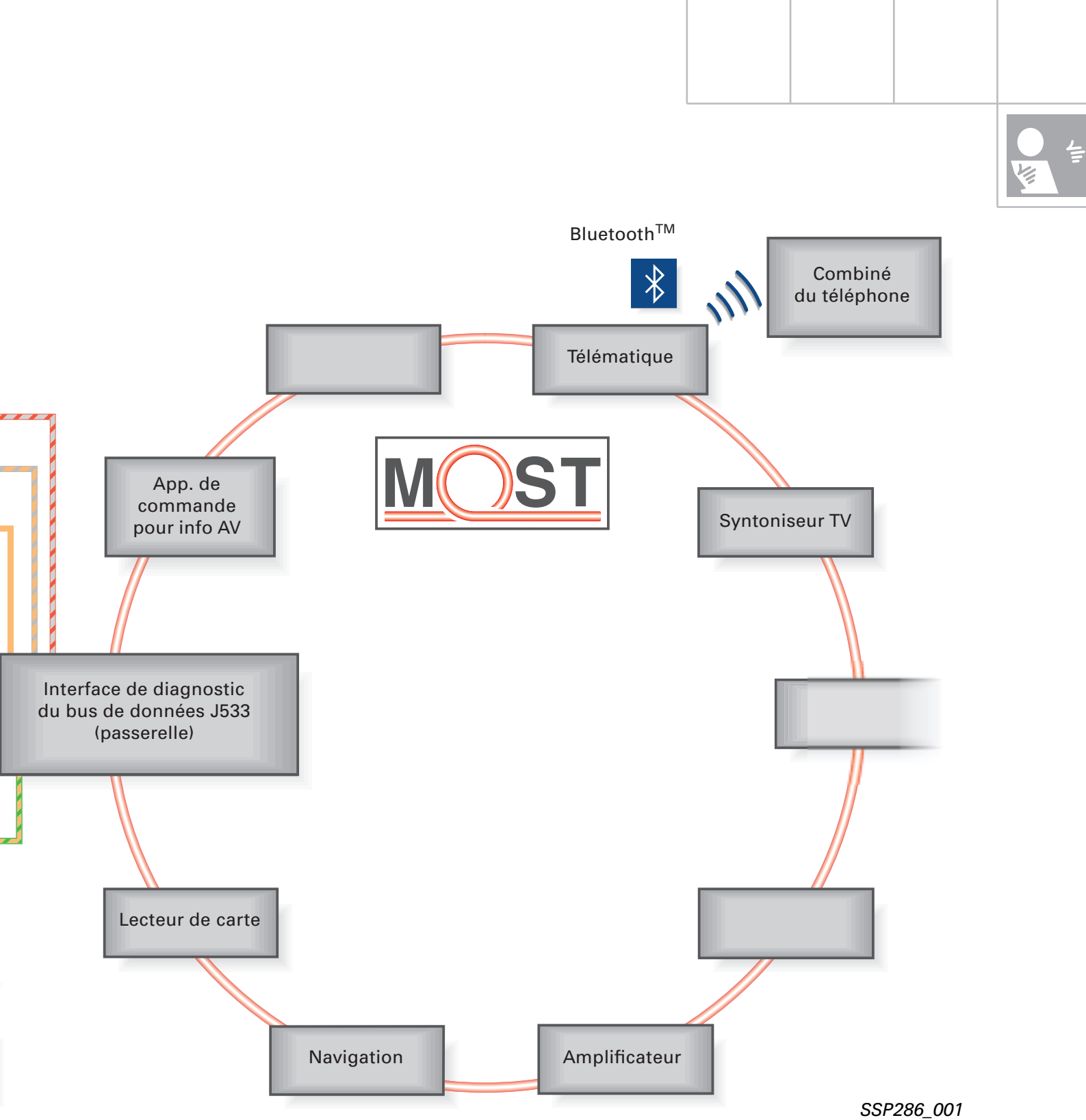
Topologie



Sur la base de l'ancienne constitution en réseau, le nombre important d'appareils de commande et leurs fonctions réparties ainsi qu'un volume croissant d'échanges de données exigent un perfectionnement de la technologie de transfert des données.

Au bus CAN que l'on connaît s'ajoutent

- le bus LIN (bus monofilaire)
- le bus MOST (bus optique)
- et le bus sans fil Bluetooth™.



SSP286_001

Introduction

LIN est l'abréviation de **Local Interconnect Network**.

“**Local Interconnect**” indique que tous les appareils de commande sont implantés dans une zone délimitée (pavillon par exemple). On parle également de “sous-système local”.

L'échange de données entre les différents réseaux en bus LIN au sein d'un véhicule est assuré par leur appareil de commande respectif, sur le bus de données CAN.

Le réseau en bus LIN est un bus monofilaire. La couleur de base du câble est le violet, auquel s'ajoute une couleur d'identification. La section du câble est de 0,35 mm². Un blindage n'est pas nécessaire.



LOCAL INTERCONNECT NETWORK

Le système autorise l'échange de données entre un appareil de commande LIN maître et jusqu'à 16 appareils de commande LIN esclaves.



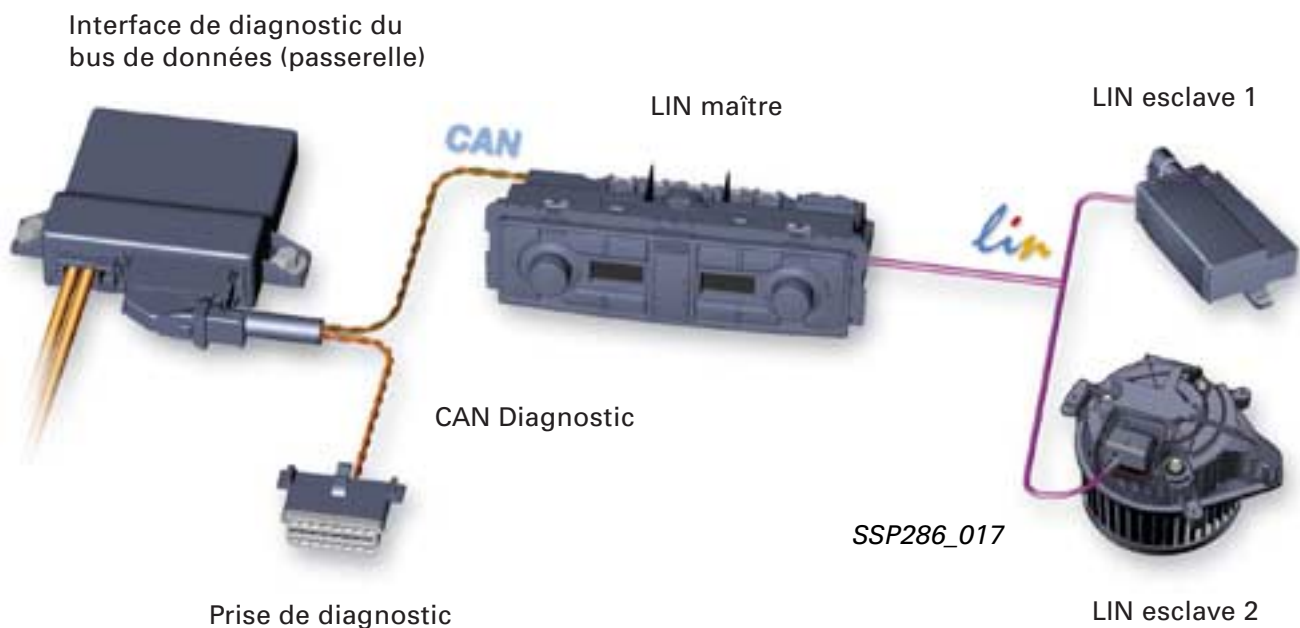
SSP286_014

Appareil de commande LIN maître

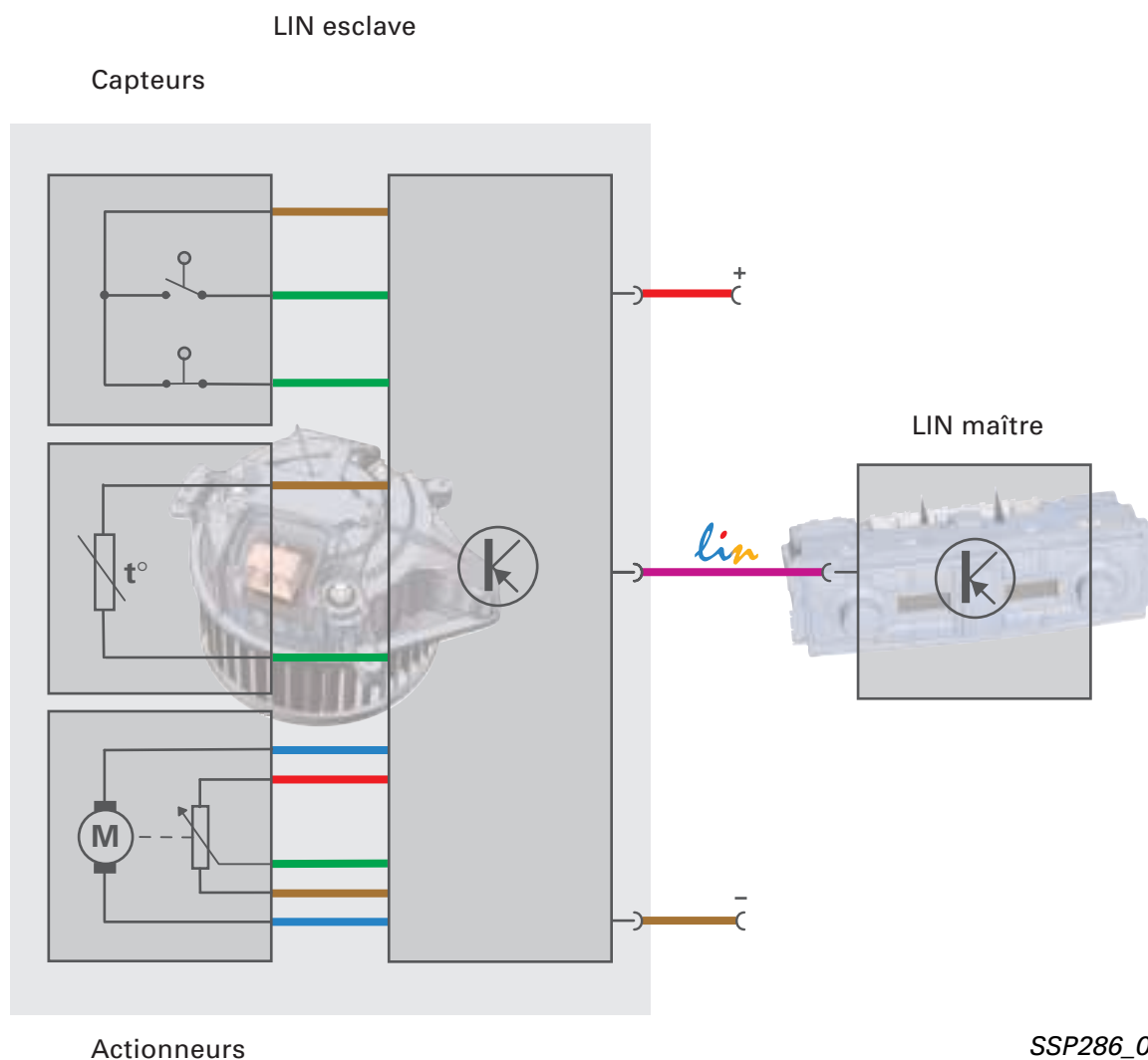
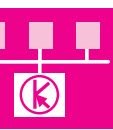
L'appareil de commande relié sur le bus de données CAN remplit les fonctions de LIN maître.

Fonctions

- Il contrôle le transfert de données et la vitesse de transmission des données. L'appareil de commande LIN maître émet l'en-tête du message ("Header", cf. page 12).
- Un cycle, défini dans le logiciel, détermine quand et à quelle fréquence les messages doivent être émis sur le bus de données LIN.
- Il se charge de la fonction de traduction entre les appareils de commande LIN du réseau local en bus LIN et le bus de données CAN. Il est par conséquent le seul appareil de commande du réseau en bus LIN connecté sur le bus de données CAN.
- Le diagnostic des appareils de commande LIN esclaves reliés est assuré via l'appareil de commande LIN maître.



Appareils de commande LIN esclaves



SSP286_070

Divers appareils de commande, tels que celui de la soufflante d'air frais, ainsi que des capteurs et actionneurs, comme le détecteur d'inclinaison ou la signalisation acoustique de l'alarme antivol, peuvent, au sein d'un réseau en bus LIN, jouer le rôle d'appareils de commande LIN esclaves.

Une électronique intégrée dans les capteurs évalue les valeurs de mesure. La transmission des données s'effectue alors sous forme de signal numérique, sur le bus LIN.

On n'a besoin, pour plusieurs capteurs et actionneurs, que d'une broche sur la prise du LIN maître.

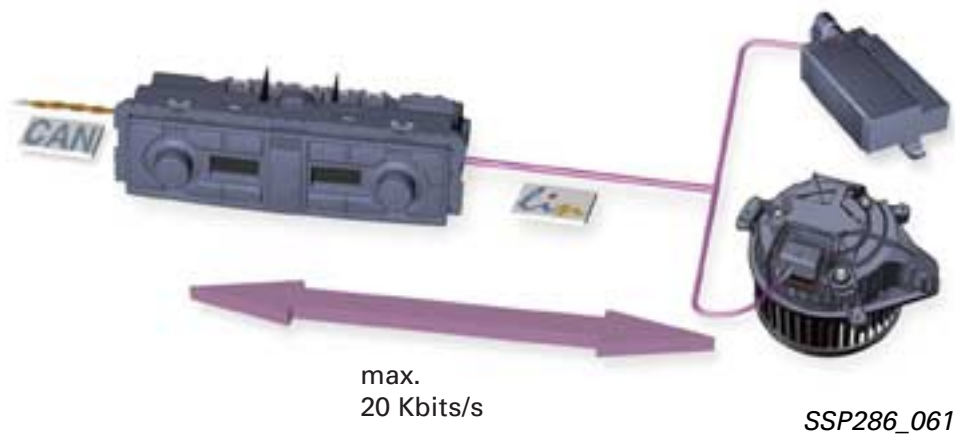
Les actionneurs LIN sont des ensembles électroniques ou électromécaniques intelligents, recevant leur mission via le signal de données LIN ou l'appareil de commande LIN maître. Des capteurs intégrés permettent une interrogation de l'état réel des actionneurs par le LIN maître, autorisant une comparaison valeurs assignées/réelles.



Les capteurs et actionneurs ne réagissent que si l'appareil de commande LIN maître a envoyé un en-tête.

Transmission des données

La vitesse de transmission des données est de 1 à 20 Kbits/s et est définie dans le logiciel des appareils de commande LIN. Cela représente au maximum un cinquième de la vitesse de transmission des données du CAN Confort.



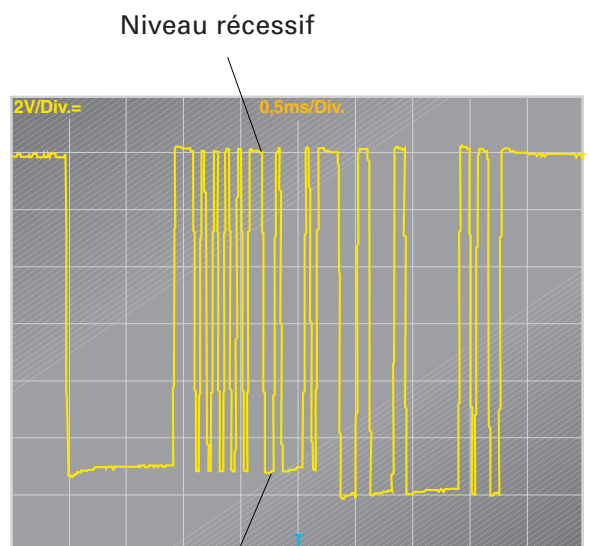
Signal

Niveau récessif

En l'absence d'émission de messages ou lors de l'émission d'un bit récessif sur le bus de données LIN, une tension proche de celle de la batterie est appliquée sur la ligne du bus de données.

Niveau dominant

Pour transmettre un bit dominant sur le bus de données LIN, la ligne du bus de données est, dans l'appareil de commande émetteur, commutée à la masse par un émetteur-récepteur.



SSP286_071

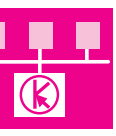


En raison des différentes versions des émetteurs-récepteurs des appareils de commande, des différences de niveaux dominants sont possibles.

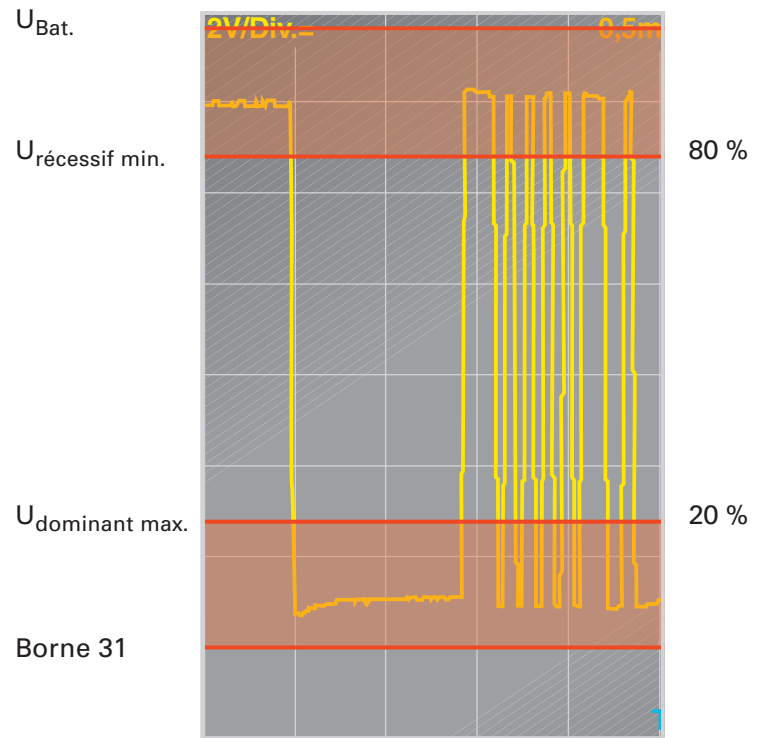
Bus LIN

Sécurité de transmission

La définition de tolérances pour l'émission et la réception dans la plage des niveaux récessif et dominant garantit la stabilité de la transmission des données.



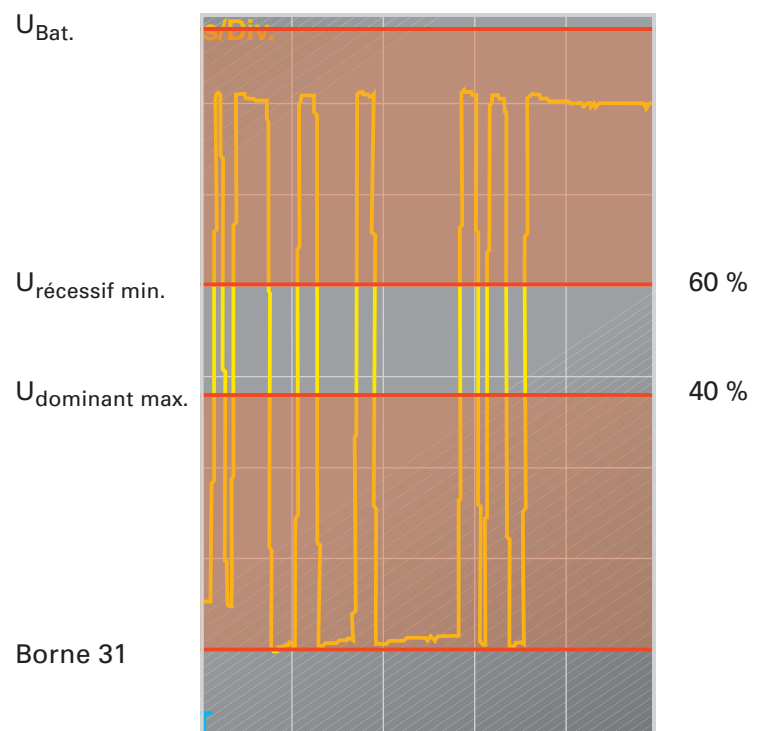
Plage de tension d'émission



SSP286_016

Pour pouvoir encore recevoir des signaux ayant validité en dépit de rayonnements parasites, les plages de tension admissibles sont plus étendues côté réception.

Plage de tension de réception

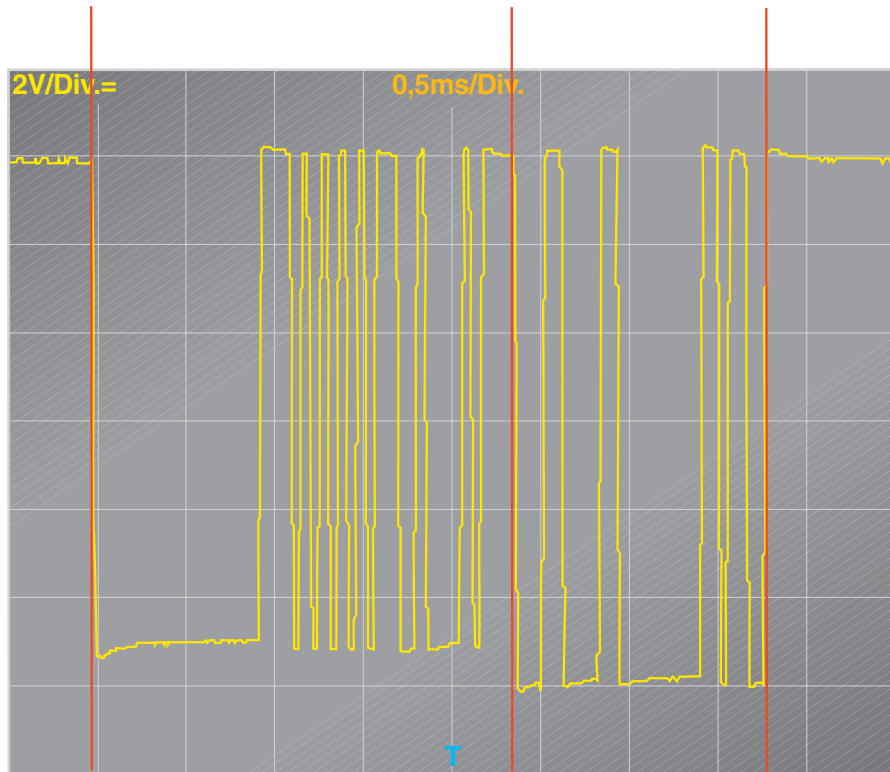


SSP286_022

Messages

En-tête du message
("header", cf. page 12)
Emetteur: LIN maître

Contenu du message
("response", cf. page 13)
Emetteur: LIN maître ou LIN esclave



SSP286_072

Message avec réponse esclave

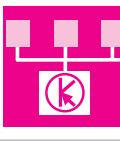
L'appareil de commande LIN maître demande dans l'en-tête à un appareil de commande esclave d'envoyer des informations, telles qu'états de commutation ou valeurs de mesure.

La réponse est envoyée par l'appareil de commande LIN esclave.

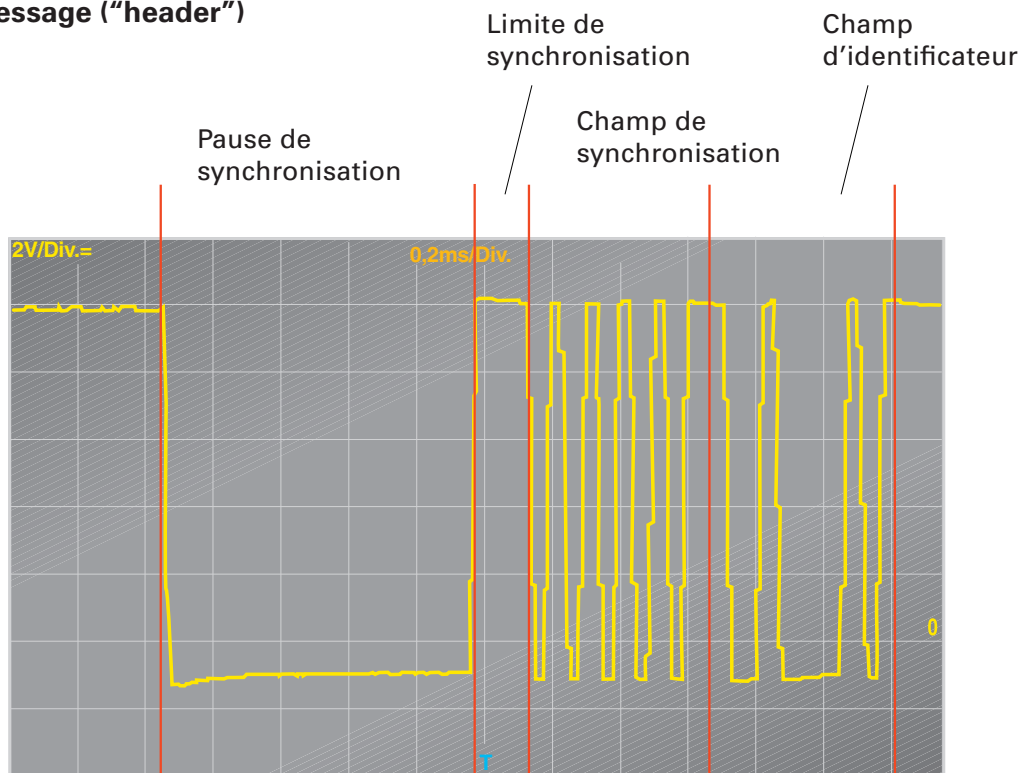
Message avec instruction maître

L'appareil de commande LIN maître demande via l'identificateur de l'en-tête aux appareils de commande LIN esclaves correspondants d'évaluer les données contenues dans la réponse.

La réponse est envoyée par l'appareil de commande LIN maître.



En-tête du message ("header")



SSP286_073

L'en-tête est émis cycliquement par l'appareil de commande LIN maître.

Il se subdivise en quatre champs:

- Pause de synchronisation
- Limite de synchronisation
- Champ de synchronisation
- Champ d'identificateur

La **pause de synchronisation** ("synch break") est longue d'au moins 13 bits. Elle est émise avec un niveau dominant.

La longueur de 13 bits est indispensable pour signaler de manière univoque à tous les appareils de commande LIN esclaves le départ d'un message.

9 bits dominants consécutifs sont, au maximum, transmis dans les parties de message suivantes.

La **limite de synchronisation** ("synch delimiter") est longue d'au moins 1 bit et récessive ($\approx U_{\text{Bat.}}$).

Le **champ de synchronisation** ("synch field")

se compose de la séquence binaire 0 1 0 1 0 1 0 1. Cette séquence binaire permet à tous les appareils de commande LIN esclaves de se régler à la cadence système de l'appareil de commande LIN maître (synchronisation).

Cette synchronisation de l'ensemble des appareils de commande est indispensable à un échange de données sans erreurs. La perte de la synchronisation entraînerait une assignation erronée des valeurs binaires dans le message au niveau réception. Cela se traduirait par des défauts dans la transmission des données.

Le **champ d'identificateur** présente une longueur de 8 temps binaires. Les 6 premiers bits renferment l'identification du message (identification) et le nombre de champs de données (cf. page 14) de la réponse.

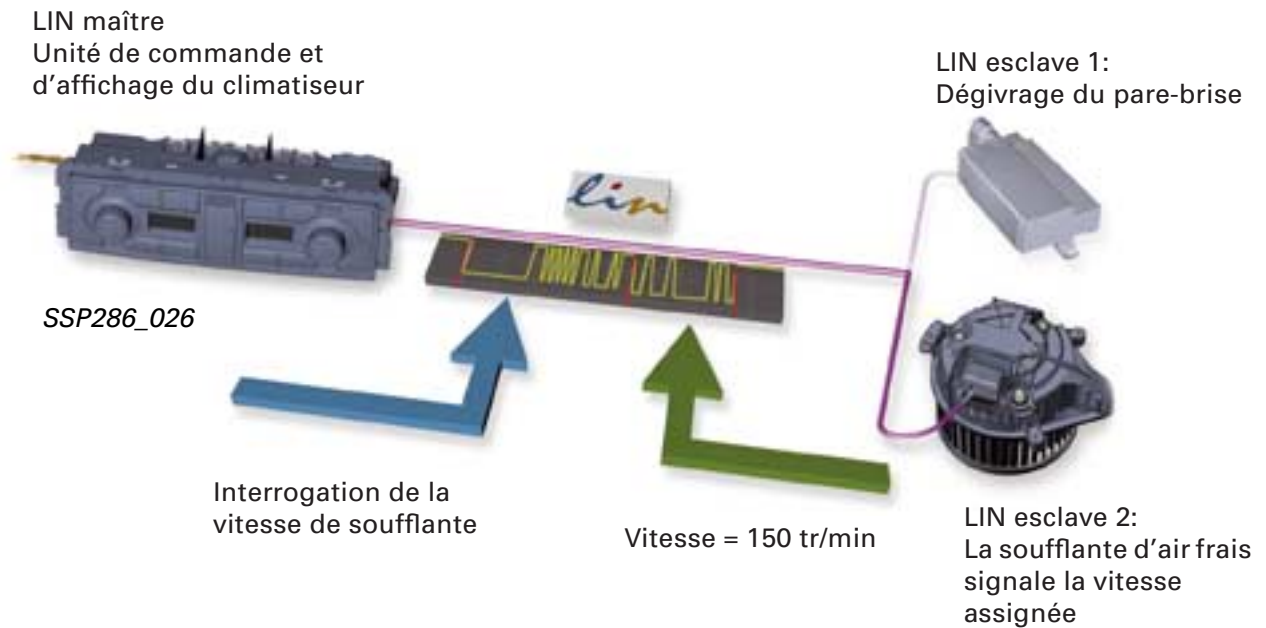
Le nombre des champs de données de la réponse s'inscrit entre 0 et 8.

Les deux derniers bits renferment, en vue de la détection d'erreurs de transmission, le total de contrôle des 6 premiers bits. Le total de contrôle est nécessaire en vue d'éviter, en cas de défauts de transmission de l'identificateur, l'affectation à un message erroné.

Contenu du message ("response")

Dans le cas d'un message avec réponse de l'esclave, un appareil de commande LIN esclave ajoute, du fait de l'identificateur, la réponse et des informations.

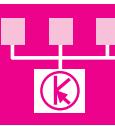
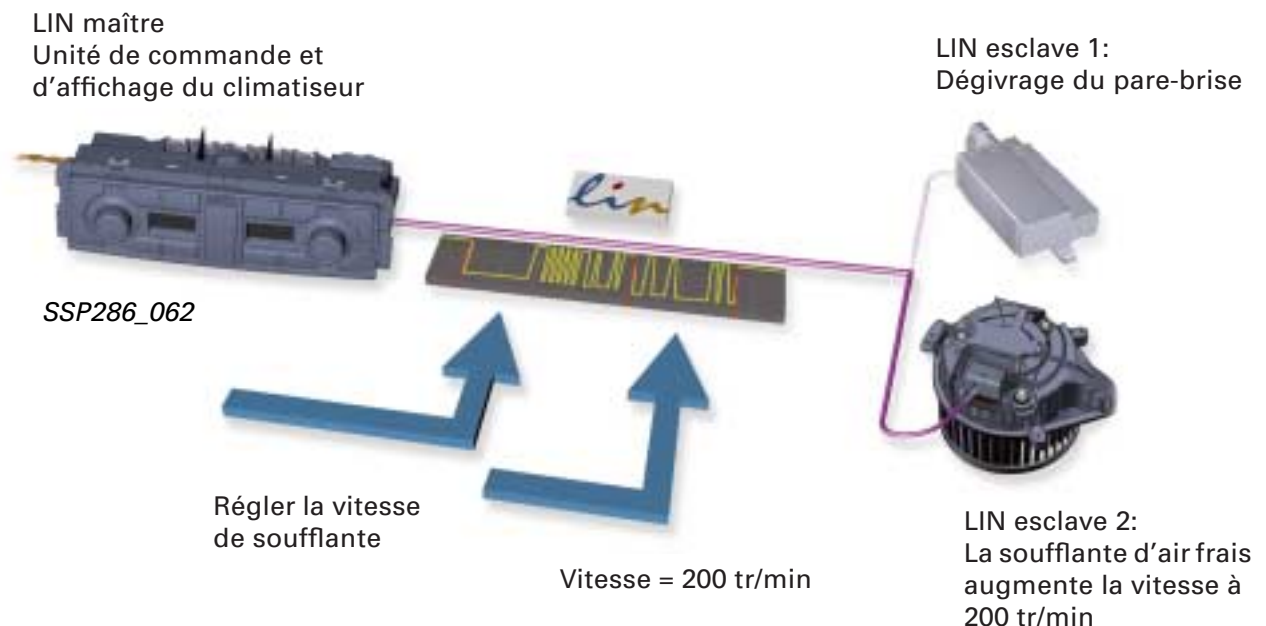
Exemple:



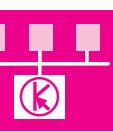
Dans le cas d'un message avec demande de données du maître, l'appareil de commande LIN maître ajoute la réponse.

En fonction de l'identificateur, les appareils de commande LIN esclaves correspondants exploitent les données pour l'exécution de fonctions.

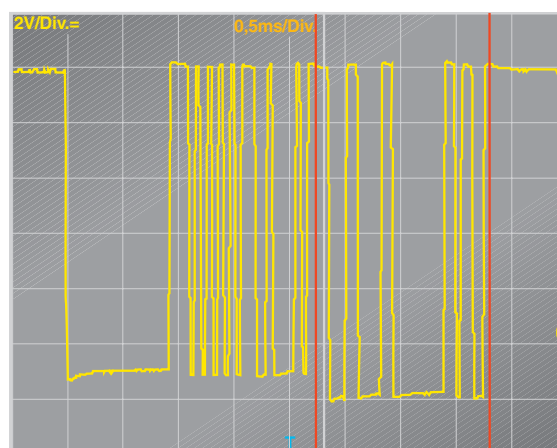
Exemple:



Bus LIN



La réponse se compose de 1 à 8 champs de données ("Datafield"). Un champ de données comporte 10 bits. Chaque champ de données se compose d'un bit de départ dominant, d'un bit de données, renfermant les informations, et d'un bit d'arrêt récessif. Le bit de départ et le bit d'arrêt servent à la postsynchronisation et permettent d'éviter des erreurs de transmission.



SSP286_074

Réponse

Ordre des messages

L'appareil de commande LIN maître envoie cycliquement sur le bus LIN, dans un ordre défini dans son logiciel, les en-têtes ainsi que, dans le cas de messages maîtres, les réponses.

Les informations fréquemment requises sont transmises plus souvent.

L'ordre des messages peut varier selon les conditions d'environnement de l'appareil de commande LIN.

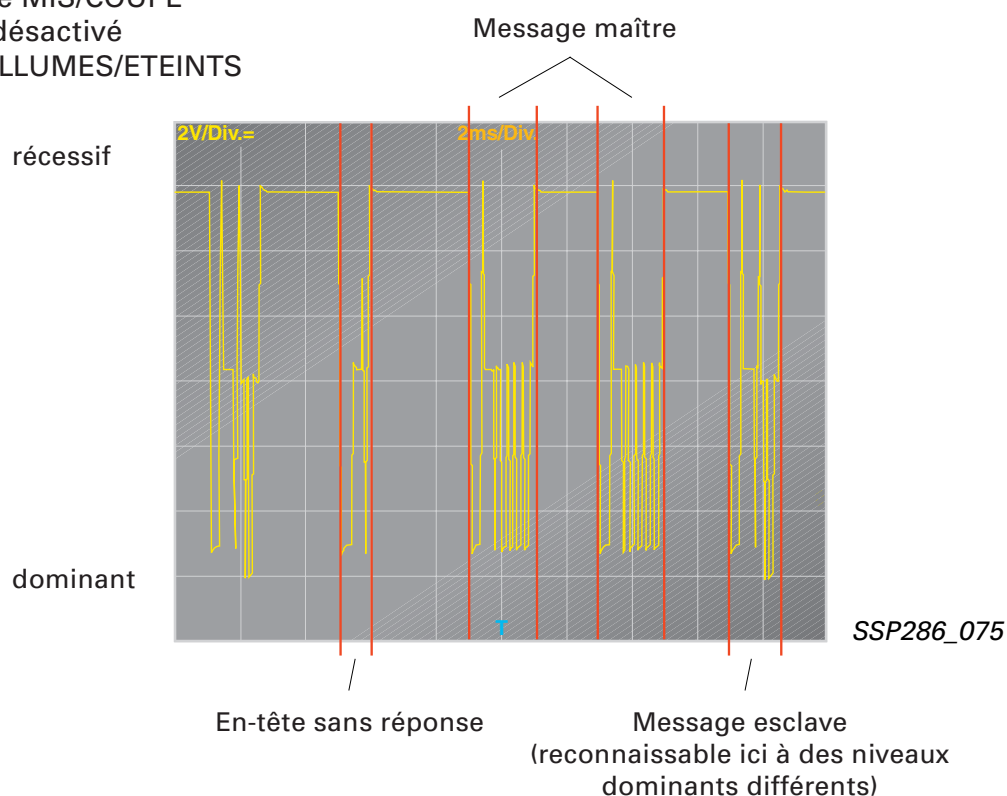
Exemples de conditions d'environnement:

- Contact d'allumage MIS/COUPE
- Diagnostic activé/désactivé
- Feux de position ALLUMES/ETEINTS

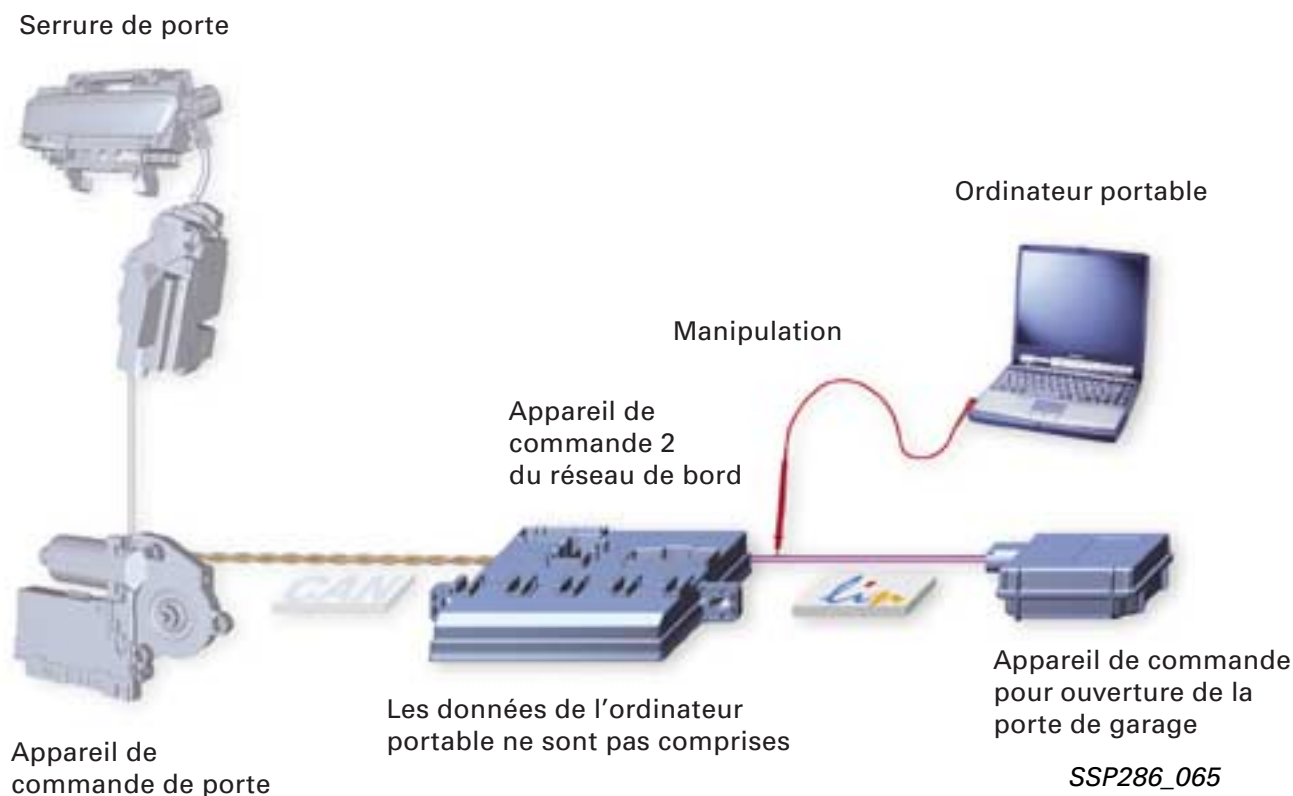
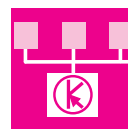
En vue de réduire le nombre de variantes de pièces de l'appareil de commande LIN maître, ce dernier envoie les en-têtes destinés aux appareils de commande d'un véhicule entièrement équipé sur le bus LIN.

Etant donné que certains appareils de commande destinés à des options ne sont pas montés, des en-têtes sans réponse sont visibles sur l'oscilloscope.

Ceci n'a aucune répercussion sur le fonctionnement du système.



Protection antivol

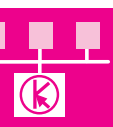


La transmission des données sur les réseaux en bus LIN n'a lieu que si l'appareil de commande LIN maître émet un en-tête avec l'identificateur correspondant.

Toute manipulation sur une ligne LIN externe à l'enveloppe du véhicule est rendue impossible par le contrôle total de tous les messages par l'appareil de commande LIN maître. L'appareil de commande LIN esclave peut uniquement répondre.

Il n'est donc pas possible de déverrouiller les portes, par exemple, via le bus LIN.

Cela autorise le montage d'appareils de commande LIN esclaves (tels que l'appareil de commande pour ouverture de la porte du garage logé dans le pare-chocs avant) dans la zone extérieure du véhicule.



Diagnostic

Le diagnostic des réseaux en bus LIN utilise l'adresse de l'appareil de commande LIN.

La transmission des données de diagnostic des appareils de commande LIN esclaves à l'appareil de commande LIN maître s'effectue sur le bus LIN.

Toutes les fonctions d'autodiagnostic sont réalisables sur les appareils de commande LIN esclave.

Localisation du défaut	Texte	Raison de la mémorisation du défaut
Appareil de commande LIN esclave, p. ex. régulateur de soufflante	Absence de signal/ de communication	Défaillance de la transmission des données de l'appareil de commande LIN esclave sur une période déterminée dans le logiciel du LIN maître. - Coupure de câble ou court-circuit - Défaut de l'alimentation électrique de l'appareil de commande LIN esclave - Variante LIN esclave ou LIN maître erronée - Défaut de l'appareil de commande LIN esclave
Appareil de commande LIN esclave, p. ex. régulateur de soufflante	Signal non plausible	Erreur dans total de contrôle. Transmission incomplète des messages. - Influences perturbatrices électromagnétiques sur la ligne LIN - Variation de capacité et de résistance sur la ligne LIN (p. ex. humidité/encrassement du boîtier du connecteur) - Problème de logiciel (variante de pièce erronée)

Introduction

En plus des réseaux en bus CAN que l'on connaît, l'Audi A8 '03 est équipée pour la première fois d'un réseau en bus optique.

Ce bus doit son nom à la "Media Oriented Systems Transport (MOST) Cooperation". Il s'agit d'une association regroupant différents constructeurs automobiles, leurs sous-traitants et des éditeurs de logiciels, à la recherche d'un système standardisé de transmission rapide des données.



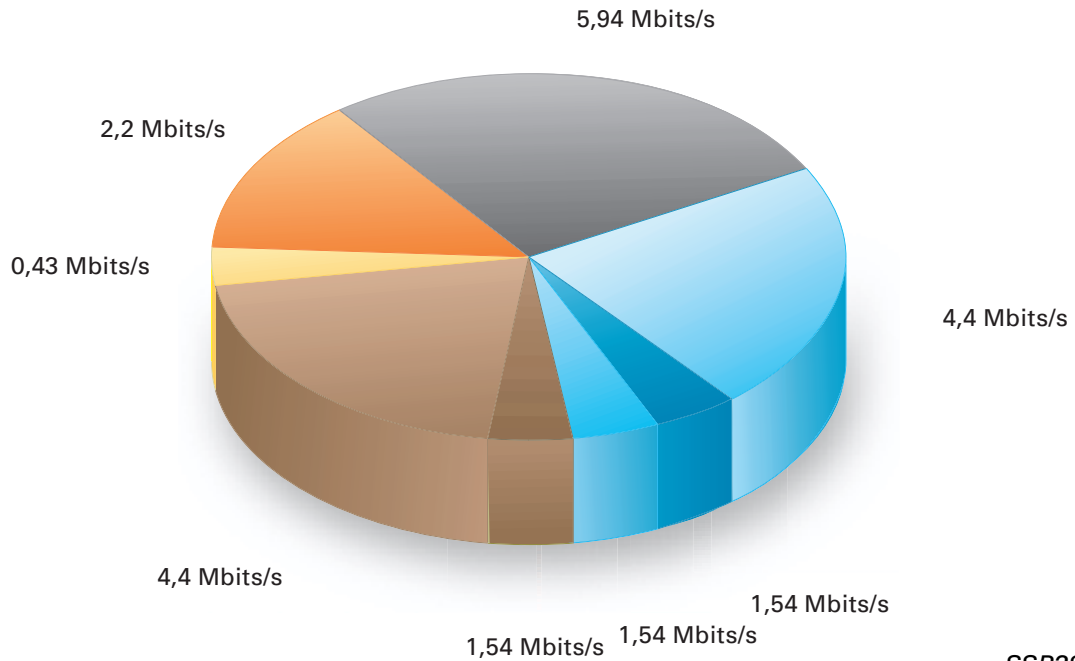
La notion de "Media Oriented Systems Transport" recouvre un réseau de transport des données orienté multimédia. Cela signifie qu'à la différence du bus CAN, des messages orientés adresses sont transmis à des destinataires définis.

Cette technique est, sur les véhicules Audi, utilisée pour la transmission des données dans le système d'infodivertissement.

Le système d'infodivertissement regroupe un grand nombre de médias modernes d'information et de **divertissement** (cf. graphique).



Vitesses de transmission des médias



SSP286_010

- | | |
|--|---|
| Navigation | Source audio 1 (stéréo),
p. ex. via casque arrière droit |
| Téléphone (GSM) | Source audio 2 (stéréo),
p. ex. via casque arrière gauche |
| Vidéo (MPEG) | Source audio 3 (Surround Sound),
p. ex. via Digital Sound System |
| Vidéo de taille réduite (MPEG) | Libre |

La transmission optique des données est très judicieuse lorsqu'il s'agit de réaliser un système d'infodivertissement complexe, étant donné que les réseaux en bus CAN utilisés jusqu'à présent n'étaient pas assez rapides et ne permettaient pas, par conséquent, un débit de transmission suffisant.

Les applications vidéo et audio exigent des vitesses de transmission élevées (nombre de Mbits/s important).

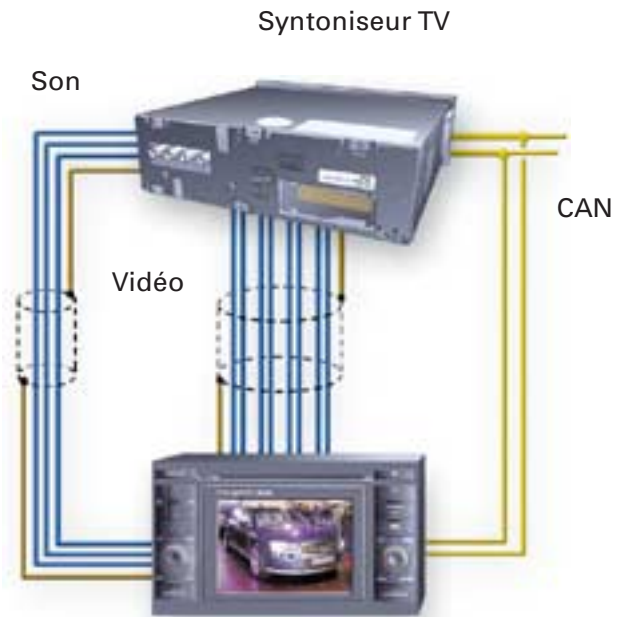
La transmission d'un signal TV numérique en son stéréo requiert à elle seule une vitesse de transmission de l'ordre de 6 Mbits/s.



Le bus MOST autorise la transmission de 21,2 Mbits/s.

Jusqu'à présent, ce type d'informations (vidéo et son p. ex.), ne pouvait être transmis que sous forme de signal analogique. Cela exigeait des lignes supplémentaires dans le faisceau de câbles.

La vitesse de transmission de données des réseaux en bus CAN est limitée à un maximum d'1 Mbit/s. C'est pourquoi seule la transmission des signaux de commande était possible sur des bus CAN.



SSP286_002

Grâce au bus optique MOST, l'échange de données entre les composants impliqués s'effectue en mode numérique.

La transmission des données par fibres optiques permet non seulement de réduire le câblage, mais autorise également des vitesses de transmission nettement plus élevées.

Les fibres optiques présentent, par rapport aux ondes radio, des longueurs d'onde très courtes, ne génèrent pas d'ondes parasites électromagnétiques et ne sont pas sensibles à ces dernières.

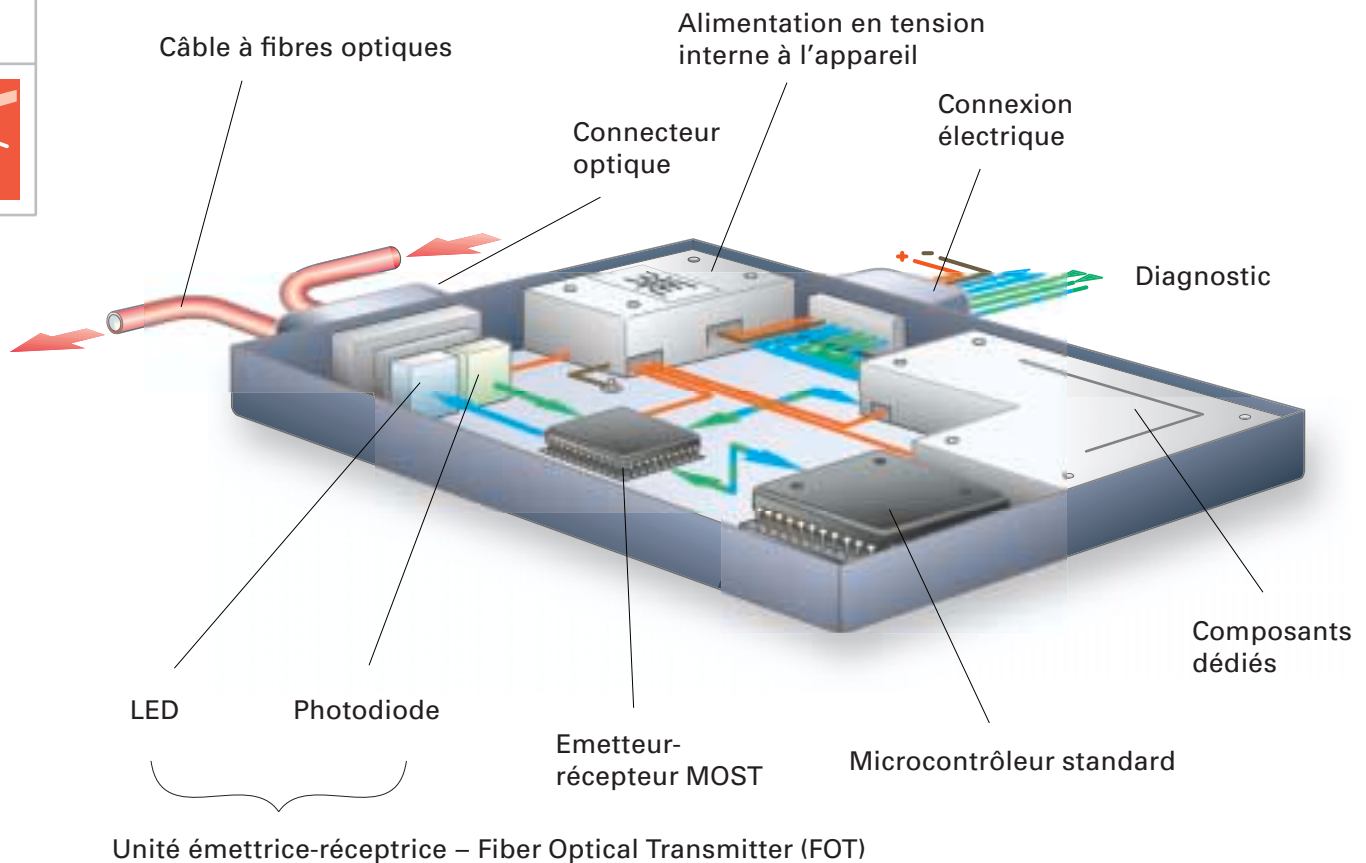
Dans ce contexte, une vitesse de transmission des données élevée et une excellente protection antiparasite sont assurées.



SSP286_003

Bus MOST

Architecture des appareils de commande



SSP286_011

Composants des appareils de commande du bus MOST

- Câbles à fibres optiques (FO) - connecteur optique

Les signaux optiques arrivent par cette connexion à l'appareil de commande/ les signaux optiques générés parviennent à l'abonné suivant sur le bus.

- Connexion électrique

L'alimentation en tension, le diagnostic de rupture de boucle (cf. page 41 et suivantes) et les signaux d'entrée et de sortie sont assurés par cette connexion à fiche.

- Alimentation en tension interne de l'appareil

La tension d'alimentation injectée dans l'appareil de commande via la connexion électrique est distribuée aux différents composants par l'alimentation en tension interne de l'appareil. Cela permet, en vue d'une réduction du courant de repos, la coupure de composants dans l'appareil de commande.

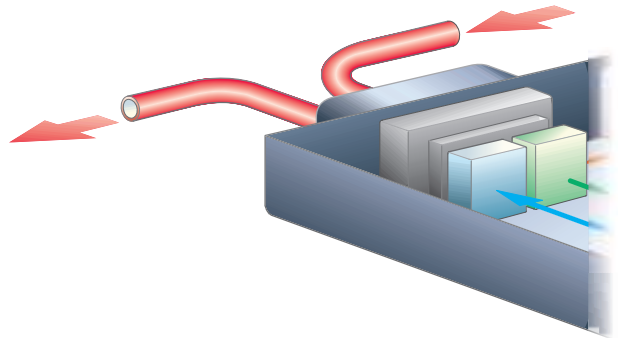
- Unité émettrice-réceptrice – Fiber Optical Transmitter (FOT)

Elle se compose d'une photodiode et d'une diode électroluminescente. Les signaux optiques arrivant sont convertis par la photodiode en un signal de tension, qui est transmis à l'émetteur-récepteur MOST. La diode électroluminescente a pour fonction de convertir les signaux de tension de l'émetteur-récepteur MOST en signaux optiques.

Les ondes optiques générées présentent une longueur d'onde de 650 nm et elles sont visibles sous forme de lumière rouge.

La transmission des données est obtenue par modulation des ondes optiques.

Cette lumière modulée est ensuite transmise par les câbles à fibres optiques (FO) à l'appareil de commande suivant.



SSP286_063



SSP286_004

- Emetteur-récepteur MOST

L'émetteur-récepteur MOST cumule les fonctions d'émetteur et de récepteur.

L'émetteur transmet les messages à envoyer sous forme de signal de tension au FOT.

Le récepteur enregistre les signaux de tension du FOT et envoie les données requises au microcontrôleur standard (CPU) de l'appareil de commande.

Les messages d'autres appareils de commande, qui ne sont pas nécessaires, sont transmis par l'émetteur-récepteur sans délivrer de données à la CPU. Ils sont renvoyés sans modification à l'appareil de commande suivant.

- Microcontrôleur standard (CPU)

Le microcontrôleur standard (ou la CPU) constitue l'unité centrale de l'appareil de commande.

Celle-ci inclut un microprocesseur qui gère les principales fonctions de l'appareil de commande.

- Composants dédiés

Ces composants sont responsables des fonctions spécifiques à la version de l'appareil de commande, p. ex. lecteur de CD, syntoniseur radio.

Bus MOST

Photodiode

Sa tâche consiste à convertir les ondes optiques en signaux de tension.

Architecture

La photodiode comporte une jonction PN sensible à la lumière.
Du fait de la couche P fortement dopée, la couche de jonction ne touche pratiquement que la couche N.

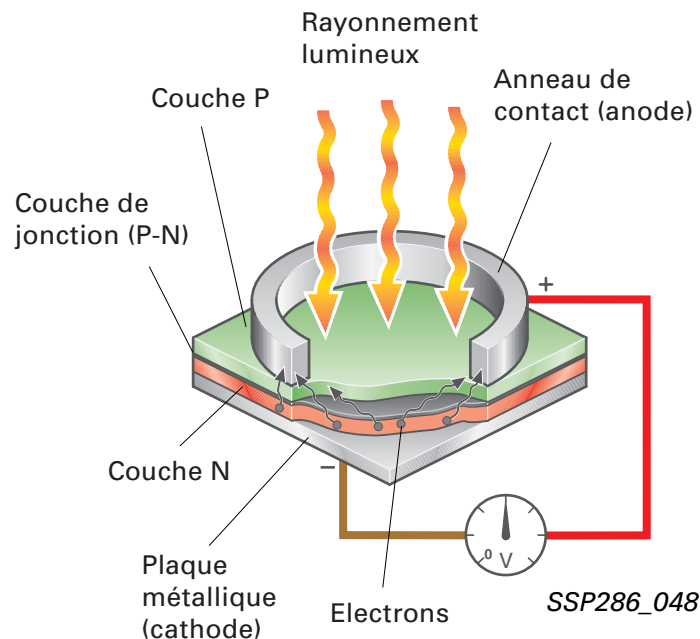
Un contact est implanté sur la couche P – il s'agit de l'anode. La couche N se trouve sur la plaque métallique de base – la cathode.

Fonctionnement

Lorsque de la lumière ou un rayonnement infrarouge traverse la jonction PN, son énergie provoque la génération d'électrons libres et de trous. Ils forment le courant traversant la jonction PN.

Cela signifie que, plus il arrive de lumière sur la photodiode, plus le courant traversant la photodiode est élevé.

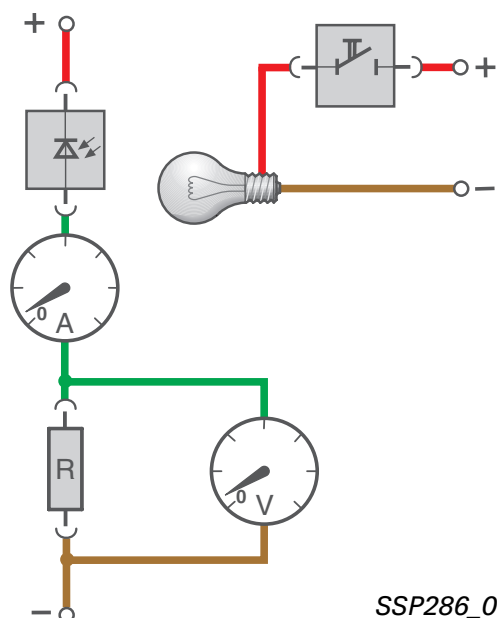
On parle d'effet photoélectrique.



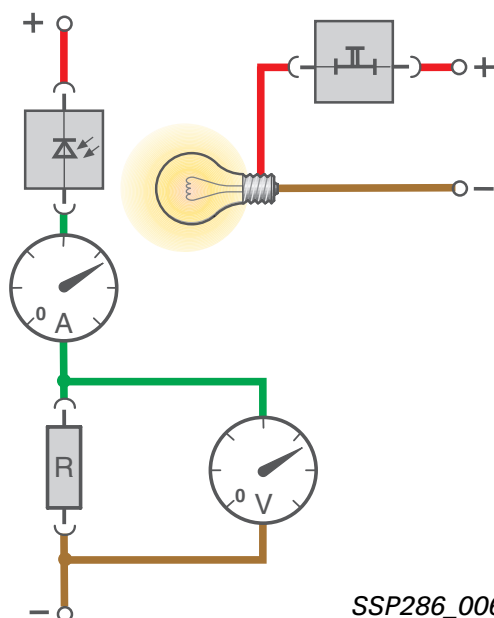
La photodiode est montée en série avec une résistance dans le sens bloquant.

Si le courant traversant la photodiode augmente, en raison d'une augmentation du rayonnement lumineux, la chute de tension au niveau de la résistance augmente. Le signal optique est alors converti en un signal de tension.

Faible incidence de lumière



Incidence de lumière importante



Câble à fibres optiques (FO)

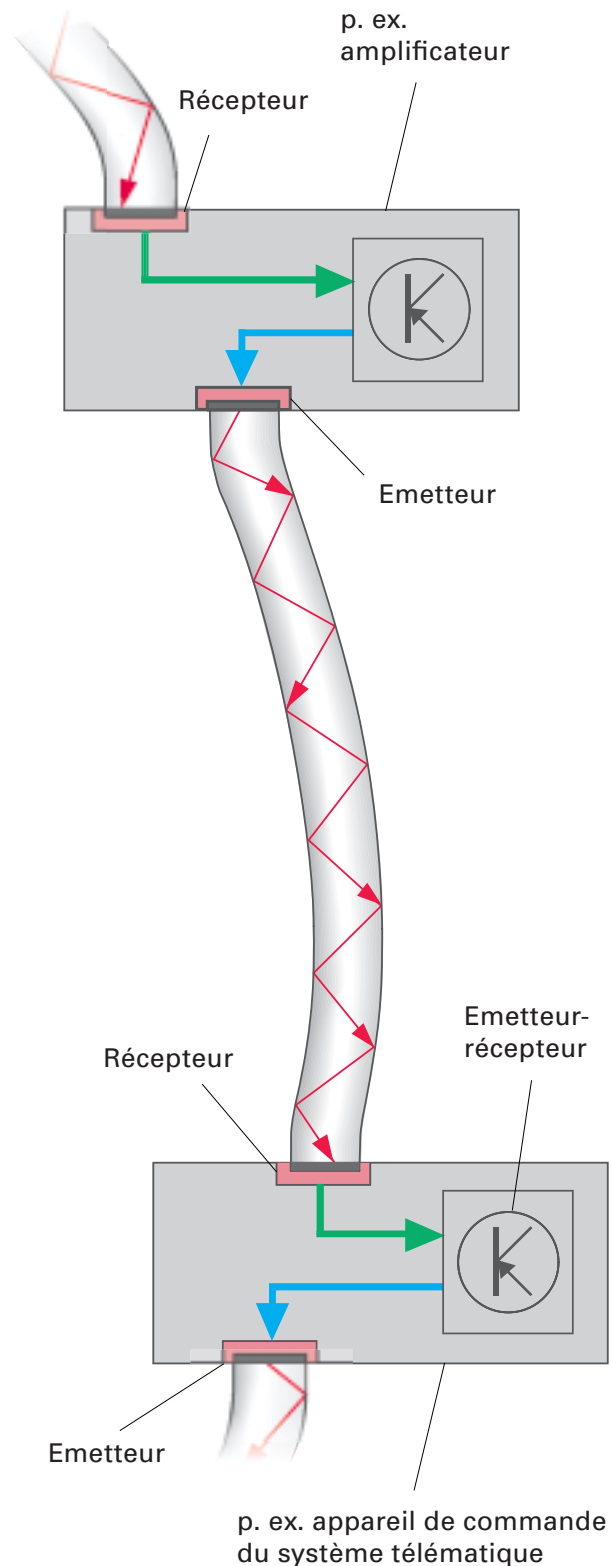
Le câble à fibres optiques (FO) a pour tâche de transmettre les ondes optiques générées dans l'émetteur de l'un des appareils de commande au récepteur de l'autre appareil de commande.

Lors du développement du câble FO, il a fallu tenir compte des critères suivants:

- La propagation des ondes optiques est rectiligne. Leur flexion n'est pas possible. Les ondes optiques doivent toutefois suivre les courbures du câble FO.
- La distance entre émetteur et récepteur peut être de plusieurs mètres – affaiblissement (cf. page 27).
- Le câble FO ne doit pas être endommagé à la suite de sollicitations mécaniques – vibration, travaux de montage.
- Le fonctionnement du câble FO doit être garanti en cas de variations importantes de température dans le véhicule.

Le câble FO doit par conséquent, en vue de la transmission des signaux optiques, présenter les caractéristiques suivantes:

- Le câble FO doit être conducteur d'ondes optiques à faible affaiblissement.
- Les ondes optiques doivent être guidées pour suivre les courbures du câble FO.
- Le câble FO doit être souple.
- La fonction du câble FO doit être garantie dans une plage de température de - 40 °C à 85 °C.



SSP286_020

Bus MOST

Architecture du câble à fibres optiques

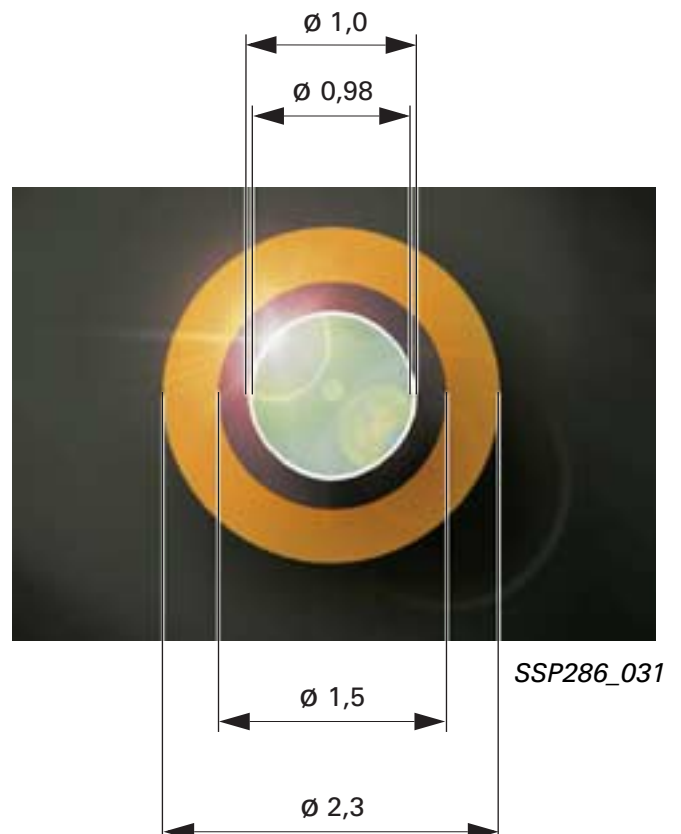
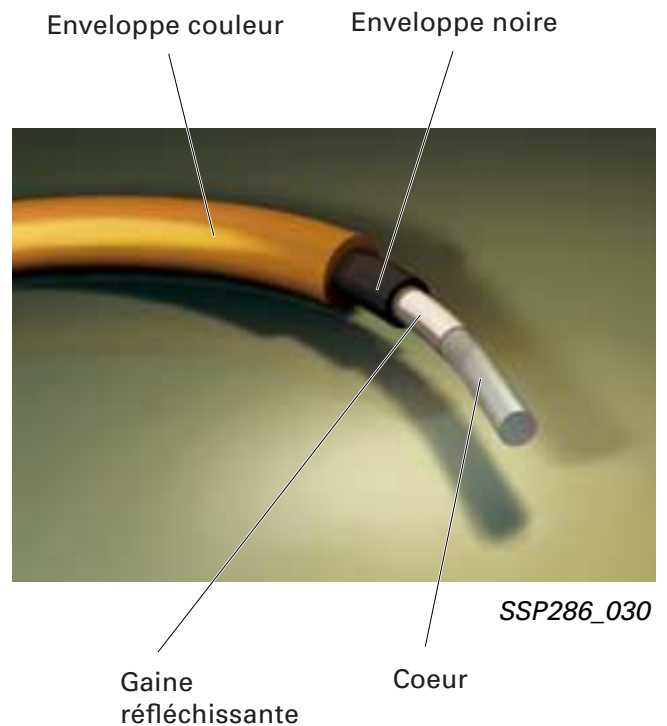
Le câble à fibres optiques est constitué de plusieurs couches.

Au centre du câble à fibres optiques, on en trouve le cœur. Ce cœur est réalisé en polyméthylméthacrylate et constitue le conducteur optique proprement dit. En vertu du principe de réflexion totale, le guidage de la lumière s'y effectue pratiquement sans perte. Nous reviendrons plus en détail sur la notion de réflexion totale.

La gaine transparente en polymère au fluor entourant le cœur est indispensable à la réflexion totale.

L'enveloppe noire opaque en polyamide protège le cœur des rayons lumineux extérieurs.

L'enveloppe en couleur sert à l'identification, la protection contre les endommagements mécaniques et la protection thermique.



Transmission des ondes optiques dans le câble FO

Câble FO rectiligne

Une partie des ondes optiques se propage en ligne droite dans le coeur de la FO.

La majeure partie des ondes optiques est guidée dans la FO, selon le principe de la réflexion totale, en zigzags à la surface du coeur.

Câble FO coudé

En raison du phénomène de réflexion totale, les ondes optiques sont réfléchies à la surface limitrophe de la gaine du coeur et sont ainsi propagées en suivant la courbure.

Réflexion totale

Dans le cas de l'incidence selon un angle aigu d'un faisceau lumineux sur une couche limitrophe entre un matériau optique dense et un matériau optique moins dense, le faisceau est entièrement réfléchi; on est alors en présence d'une réflexion totale.

Le coeur de la FO constitue le milieu optique plus dense et la gaine le milieu optique moins dense. La réflexion totale a ainsi lieu à l'intérieur du coeur.

Cet effet dépend de l'angle des ondes optiques incidentes depuis l'intérieur sur la surface limitrophe. Si cet angle devient trop aigu, les ondes optiques quittent le coeur. Il s'ensuit des pertes plus importantes.

Cette situation se produit lorsque le câble FO présente une courbure trop importante ou est plié.



L'angle de flexion du câble FO ne doit pas être inférieur à 25 mm!

Réflexion totale



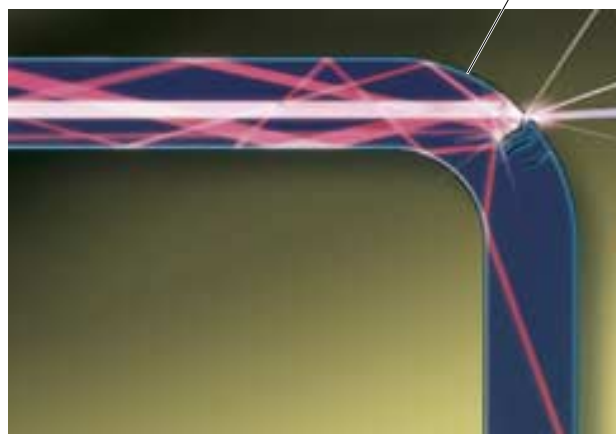
SSP286_032

Rayon > 25 mm



SSP286_033

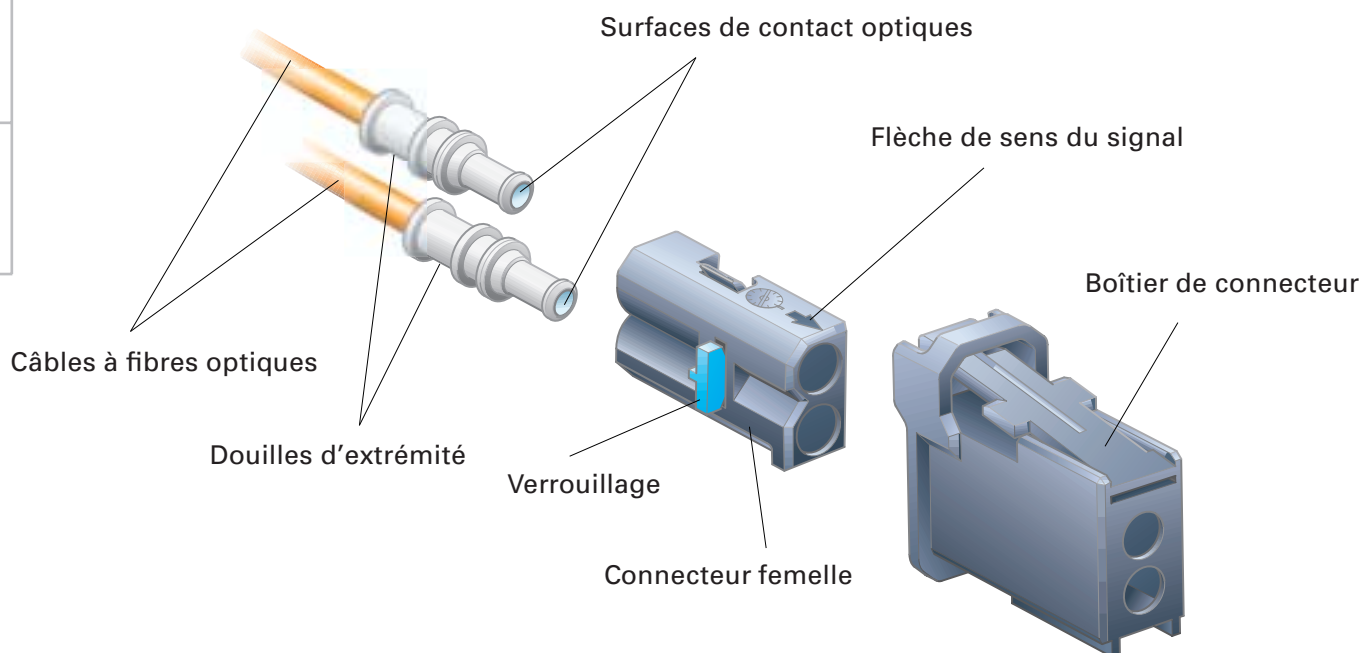
Rayon < 25 mm



SSP286_034



Connexion à fiche



SSP286_035

Pour relier les câbles à fibres optiques sur les appareils de commande, il faut utiliser des connecteurs optiques enfichables spéciaux. Le connecteur femelle porte une flèche indiquant le sens du signal représentant l'entrée (vers récepteur).

Le boîtier du connecteur établit la liaison vers l'appareil de commande.

La transmission de la lumière a lieu via la surface de contact du cœur en direction de l'émetteur/récepteur de l'appareil de commande.

Lors de la fabrication du câble FO, des douilles d'extrémité en matière plastique sont soudées à l'aide d'un laser (ou des douilles d'extrémité en laiton sont serties) en vue de la fixation du câble FO dans le boîtier du connecteur.

Surface de contact optique

Afin de garantir une transmission aussi exempte de pertes que possible, la section (ou surface de contact) du câble à fibres optiques doit être

- lisse
- verticale et
- propre.

Cela ne peut être réalisé qu'à l'aide d'un outil de coupe spécial.

L'encrassement et les rayures de la surface de contact augmentent les pertes (affaiblissement).



SSP286_081